

Soile Lehtinen

MAGNEETTIKOKOONPANOJEN MAALAUKSEN  
ESIKÄSITTELY

Kemiantekniikan koulutusohjelma  
2012

# MAGNEETTIKOKOONPANOJEN MAALAUKSEN ESIKÄSITTELY

Lehtinen, Soile  
Satakunnan ammattikorkeakoulu  
Kemiantekniikan koulutusohjelma  
Toukokuu 2012  
Ohjaaja: Virtanen, Kalle  
Sivumäärä: 42  
Liitteitä: 2

Asiasanat: esikäsitteily, metallit, puhdistusaineet, teräs, testausmenetelmät

---

---

Opinnäytetyön aiheena oli selvittää eri esikäsitteilymenetelmien vaikutusta magneettikokoonpanojen maalauksen onnistumiselle.

Tavallisimpia metallipintojen epäpuhtauksia ovat erilaiset suojaöljyt sekä -rasvat; suolat, työstönesteet; vetorasvat ja -saippuat sekä metallilastut. Metallien kemiallisia esikäsitteilymenetelmiä ovat kastomenetelmä, ruiskutusmenetelmä sekä rauta- ja sinkkifosfatointi.

Testimenetelmänä tässä työssä käytettiin standardin mukaista hilaristikkotestiä, jonka perusteella voitiin havaita joitakin eroja käytetyissä esikäsitteilymenetelmissä. Testien tuloksista voitiin tässä tapauksessa havaita sinkkifosfatoinnin soveltuvan heikoimmin esikäsitteilymenetelmäksi.

Esikäsitteily olisi hyvä suorittaa juuri ennen maalausta. Koska esikäsitteilyt suoritettiin tässä tapauksessa eri esikäsitteilypaikoissa, ei maalausta päästy suorittamaan välittömästi. Tästä johtuen lopputulokset eivät välttämättä kaikilta osin vastaa normaalia esikäsitteily- ja maalausprosessin tuottamaa tulosta.

## THE PRETREATMENT OF MODULES

Lehtinen, Soile  
Satakunta University of Applied Sciences  
Degree Programme in Chemical Engineering  
May 2012  
Supervisor: Virtanen, Kalle

Number of pages: 42  
Appendices: 2

Keywords: pretreatment, metals, detergents, steel, testing methods

---

---

The purpose of this thesis was to investigate the different pretreatment methods for modules.

The most common impurities on the metal surface are the different sheltered oils and -fats, salts, working fluids and metal chips. The chemical pretreatment methods for the metals are submersion, spraying; zinc phosphating and iron phosphating.

Cross cut test was used as a test method in this thesis. The results indicate that there were some differences between the various pretreatment methods and the zinc phosphating was the weakest one.

To get the best results pretreatment should be made just before the painting. In this instance the different pretreatments were made in the various places and it is the reason that painting couldn't be done immediately after pretreatments. This is the reason why the results of this thesis might be a little different than after the normal pretreatment and painting process.

# SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	METALLIEN ESIKÄSITTELY TEOLLISUUDESSA .....	7
2.1	Metallipinnan epäpuhtauksia.....	7
2.2	Esikäsittelytulokseen vaikuttavat tekijät.....	8
2.3	Metallien pesuaineet .....	9
2.3.1	Alkaliset pesuaineet .....	9
2.3.2	Happamat pesuaineet .....	10
2.3.3	Emulsiopesuaineet.....	10
2.3.4	Liutinpesuaineet.....	11
2.3.5	Tensidien toiminta .....	12
2.4	Esikäsittelykemikaalien koostumus .....	14
2.5	Alkaliset rasvanpoistoaineet.....	14
2.6	Kemialliset esikäsittelymenetelmät.....	19
2.6.1	Kastomenetelmä .....	19
2.6.2	Ruiskutusmenetelmä.....	19
2.6.3	Rautafosfatoiointi .....	20
2.6.4	Sinkkifosfatoiointi .....	20
2.7	Mekaaniset esikäsittelymenetelmät.....	21
2.7.1	Ruostumattoman teräksen suihkupuhdistus .....	21
2.7.2	Suihkupuhdistus yleisesti .....	22
2.7.3	Suihkupuhdistusmateriaalit .....	23
2.7.4	Suihkupuhdistuksessa syntyvät pölyt .....	25
2.8	Esikäsittelymenetelmien analyysit.....	25
2.8.1	Alkaliset ja happamat pesuaineet.....	25
2.8.2	Rautafosfatoiointi .....	26
2.8.3	Sinkkifosfatoiointi .....	26
2.8.4	Huuhteluvedet.....	26
2.8.5	Kylpyjen neutralointi .....	26
2.9	Pesujärjestelmät .....	27
2.9.1	Yleistä pesujärjestelmän valinnasta .....	27
2.9.2	Yksivaiheiset pesujärjestelmät .....	27
2.9.3	Monivaiheiset pesujärjestelmät .....	27
3	TESTAUS JA LAADUNVALVONTA .....	28
3.1	Esikäsittelyn testaus ja laadunvalvonta .....	28
3.1.1	Kastokoe.....	28
3.2	Korroosionkestävyytestit .....	28

3.2.1 Kosteuskaappi .....	28
3.2.2 Suolasumutesti .....	29
3.2.2.1 Yleistä .....	29
3.2.2.2 Neutraali suolasumutesti .....	29
3.2.2.3 Rikkidioksiditesti .....	29
3.2.2.4 Säänkestävyytesti.....	30
3.2.2.5 Testitulosten tulkinta .....	30
3.3 Tartuntatetit.....	31
3.3.1 Pinnoitteen kiinnipysyvyys.....	31
3.3.2 Hilaristikkotesti ja X-viiltokoe .....	31
3.3.3 Vetonuppikoe .....	32
4 ESIKÄSITTELYT JA TESTAUS.....	33
4.1 Esikäsittelymenetelmät .....	34
4.2 Maalikalvon paksuuden määrittäminen .....	36
4.3 Hilaristikkotesti.....	37
5 TULOKSET JA ARVIOINTI.....	38
LÄHTEET .....	42
LIITE 1 Maalikalvon paksuus (µm), Deltascop M575	
LIITE 2 Maalikalvon paksuus (µm), Elcometer 121	

## 1 JOHDANTO

Neorem Magnets Oy:n toimeksiantona selvitettiin eri esikäsittelymenetelmien vaikutusta magneettikokoonpanojen maalauksen esikäsittelyyn. Työhön valittiin alkalisia esikäsittelymenetelmiä, sillä alkaliset pesuaineet poistavat rasvaa muita pesuaineita tehokkaammin. Lisäksi ne soveltuvat hyvin teräskappaleiden puhdistukselle.

Työn alkuvaiheessa tehtiin kirjallisuustutkimusta, minkä jälkeen vuorossa olivat esikäsittelyt maalauksineen sekä niihin liittyvät testaukset. Lopulta päädyttiin käyttämään vain yhtä tartuntatestausmenetelmää, hilaristikkotestiä.

Työssä saadut tulokset puoltavat Neorem Magnets Oy:n tällä hetkellä käyttämiä esikäsittelymenetelmiä. Jotta saataisiin täysi varmuus testien luotettavuudesta, pitäisi suorittaa lisätestauksia useammalla eri testimenetelmällä.

## 2 METALLIEN ESIKÄSITTELY TEOLLISUUDESSA

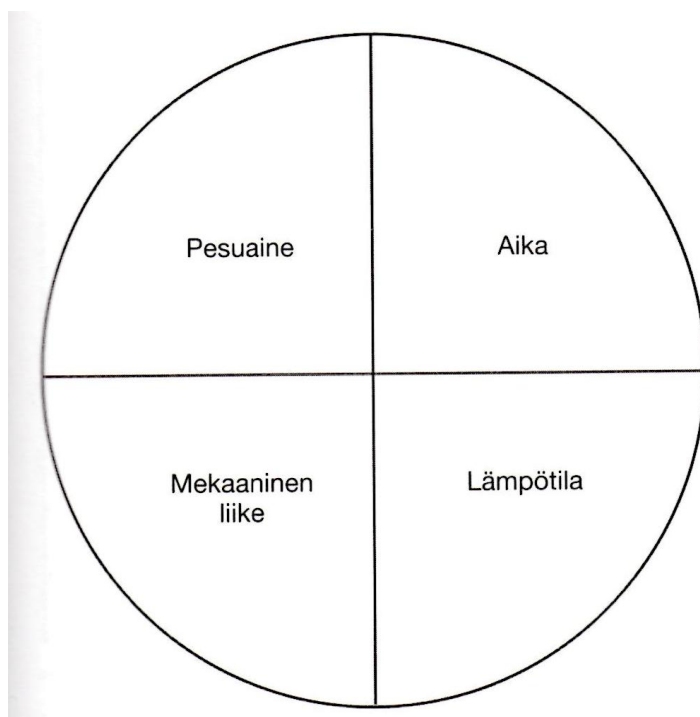
### 2.1 Metallipinnan epäpuhtauksia

Tavallisimpia metallipintojen epäpuhtauksia ovat erilaiset suojaöljyt sekä -rasvat; suolat, työstönesteet; vetorasvat ja –saippuat sekä metallilastut. Pääosa epäpuhtauksista voidaan poistaa vesipohjaisella pesulla. Sen sijaan ongelmia puhdistuksen osalta voivat aiheuttaa erilaiset rasvat. /4/

Epäpuhtaudet voidaan jakaa orgaanisiin ja epäorgaanisiin. Orgaanisiin epäpuhtauksiin kuuluvat saippuoituvat epäpuhtaudet eli eläin- ja kasvirasvat; ei-saippuoituvat epäpuhtaudet eli mineraaliöljypohjaiset öljyt ja vahat; sekoitukset, jotka voivat sisältää edellisten ryhmien aineita, mutta myös metallin ja orgaanisten aineiden reaktiotuotteita. Epäorgaanista likaa ovat ruoste ja muut varastoinnin ja kuljetuksen aikana syntyneet korroosiotuotteet; oksidit; lastut ja hiukkaset työstöstä ja kiillotuksesta; suolat juotteista, käsien hiestä jne.; varastoinnin, käsittelyn ja kuljetuksen aikana kertynyt konepajalika. /10/

## 2.2 Esikäsittelytulokseen vaikuttavat tekijät

Halutun esikäsittelytuloksen saavuttamiseksi tarvitaan neljä osatekijää, joista jokaisen tulee toteutua. Nämä tekijät ovat pesuaine, lämpötila, liike sekä aika. /4/



Kuva 1. Pesuympyrä / 4/

Pesuaineen tulee olla riittävän tehokas, jotta se kykenee poistamaan kaikki epäpuhtaudet kappaleen pinnalta. Koska epäpuhtaustyyppejä on paljon, ei ole yhtä rasvanpoistoa, joka poistaisi kaikki epäpuhtaudet. Lämpötila määräytyy pitkälti pesuaineen mukaan, mutta yleensä lämpötilan nosto parantaa pesutulosta. Lämpötilaa nostettaessa on kuitenkin otettava huomioon veden haihtuminen. Jotta pesutuloksesta saadaan hyvä, tarvitaan myös mekaanista liikettä. Pesuajan on oltava riittävän pitkä. Mikäli pesuun käytettävä aika on liian lyhyt, pesutulos jää huonoksi. Toisaalta liian pitkä aika voi aiheuttaa pesuaineen saostumista kappaleen pintaan. /4; 10/



## 2.3 Metallien pesuaineet

Metalleille yleisimmin käytettyjä pesuaineita ovat:

- Alkalinen pesuaine
- Hapan pesuaine
- Emulsiopesuaine
- Liuotinpesuaineet

Pesuaineet koostuvat erilaisista tehoaineista, lisäaineista ja tensideistä. Se, mitä pesuainetta kulloinkin käytetään, määräytyy pestävästä metallista, siinä olevan lian määrästä ja laadusta sekä halutun pesutuloksen laadusta. Metallien pesuaineet ovat nykyään vesipohjaisia eikä liuotinpesuaineita juurikaan enää käytetä teollisuudessa. /4/

### 2.3.1 Alkaliset pesuaineet

Alkaliset pesuaineet ovat yleisimmin käytettyjä pesuaineita teräskappaleiden esikäsittelyssä, sillä ne poistavat muita aineita tehokkaammin rasvajäämiä kappaleen pinnalta. Menetelmää käytetään kuitenkin harvoin ainoana pesumenetelmänä. Yleisimmin sitä käytetään ennen muita käsittelyjä, kuten sinkkifosfatointia. Alkalisten pesuaineiden hyviä ominaisuuksia ovat kaikkien metallipinnoilla esiintyvien epäpuhtauksien tehokas poistaminen. Lisäksi alkaliset pesuaineet ovat kustannustehokkaita, eivät syövytä teräspintoja eivätkä ole tulenarkoja.

Alkalisten pesuaineiden huonoina puolina voidaan pitää niiden syövyttäviä ominaisuuksia, etenkin sinkin ja alumiinin käsittelyssä. On siis käytettävä oikeanlaisia, syöpymistä estäviä lisäaineita käytettäessä alkalipesua sinkille ja alumiinille. Lisäksi alkaliset pesuaineet vaativat toimiakseen lämmityksen, yleensä 60-90 °C, sekä tarkan huuhtelun käsiteltävän kappaleen pinnalta. Koska alkalipesu suoritetaan kuumassa vedessä, myös kappale on kuuma käsittelyn jälkeen. On siis tarkkailtava, ettei kappale pääse kuivumaan ennen huuhteluvaihetta. Kaikki alkalijäämät on saatava kappaleen pinnalta pois en-

nen seuraavaa pintakäsittelyä. Käytön jälkeen pesuaine on neutraloitava ennen sen hävittämistä. Neutralointi voidaan suorittaa esimerkiksi lisäämällä huuhteluveteen fosforihappoa./4/

### 2.3.2 Happamat pesuaineet

Lievästi happamia pesuaineita käytetään alumiinin ja sinkin pesuun. Happamien pesuaineiden hyviä ominaisuuksia ovat niiden ympäristöystävällisyys, kustannustehokkuus sekä niiden soveltuvuus alumiinin ja sinkin pesuun alkalisten pesuaineiden sijaan. Happamien pesuaineiden huonoja puolia ovat, etteivät ne sovellu teräksen pesuun tehottomuutensa vuoksi. Happamilla liuoksilla ei ole alkalisten kylpyjen kykyä saippuoida kasvi- ja eläinperäisiä öljyjä ja rasvoja. Lisäksi ne vaativat tarkan huuhtelun ja kuivauksen esikäsittelyn päätteeksi./4; 10/

### 2.3.3 Emulsiopesuaineet

Emulsiopesuliuos sisältää vettä, liuotinta ja emulgaattoria, jonka tehtävänä on saattaa epäpuhtaudet sellaiseen muotoon, etteivät ne tartu uudelleen esikäsitteltävän kappaleen pintaan. Emulsiopesuaineita käytetään pääasiassa silloin, kun pesu on suoritettava käsin. Emulsiopesuaineiden hyviä puolia ovat niiden tehokkuus, kun halutaan poistaa kaikki epäpuhtaudet sekä paksut likakerrokset. Emulsiopesuaineita voidaan käyttää alumiinin sekä maalattujen pintojen pesuun. Lisäksi pesuaineet ovat kustannustehokkaita. Huonoja ominaisuuksia ovat tulenarkuus ja terveysriskit. Lisäksi pesuaineen poisto vaatii huuhtelun ja kuivauksen, ja silti pesutulos saattaa olla riittämätön. Emulsiopesua käytetäänkin usein esipuhdistusmenetelmänä ennen alkalipesua tai liuotinpuhdistusta. /4/

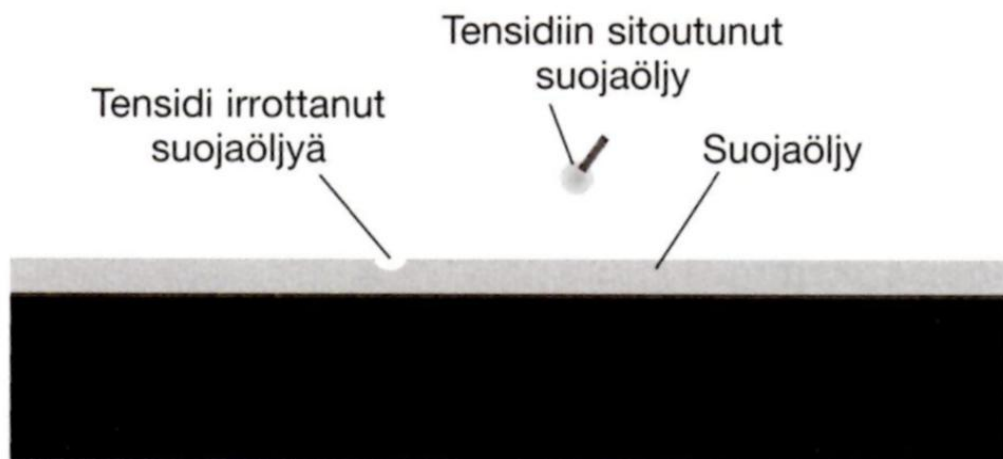
#### 2.3.4 Liuotinpesuaineet

Liuotinpesu voidaan tehdä joko palavilla tai palamattomilla liuotinaineilla. Palaviin liuottimiin kuuluvat mm. liuotinbensiini, tärpätti ja aromaattiset hiilivedyt, kuten tolueni ja ksyleeni. Mikäli kappaleen puhdistukseen käytetään liuotinbensiiniä, suoritetaan puhdistus yleensä pyyhkimällä. Tätä menetelmää käytettäessä lopputulos on kyseenalainen, sillä pyyhkimällä rasva ei välttämättä irtoa kappaleen pinnasta vaan siirtyy paikasta toiseen. Käytettäessä palavia liuottimia liuotinhöyryjen tuuletuksen ja liuottimen talteenoton tulee olla järjestetty asianmukaisella tavalla. /4/

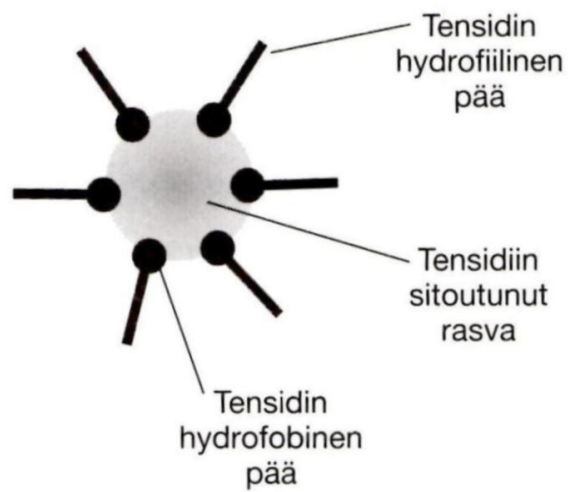
Palamattomat liuottimet ovat kloorattuja hiilivetyjä, joita käytetään nykyään vain kiinteissä laitoksissa. Kappaleiden puhdistus suoritetaan höyrypuhdistuksena. Menetelmä perustuu laitteiston pohjalla olevan liuottimen höyrystämiseen ja höyryn tiivistymiseen puhdistettavalle pinnalle, mutta sen avulla ei kyetä poistamaan epäorgaanisia suoloja eikä paksuja rasvakerroksia puhdistettavan kappaleen pinnalta. Liuotinpuhdistuksen jälkeen ei tarvita erillistä vesihuuhtelua. Menetelmänä liuotinpesu ei ole kovin yleisesti käytössä, sillä klooratut hiilivedyt ovat myrkyllisiä ja näin ollen aiheuttavat merkittävän ympäristömyrkköryhmän./4/

### 2.3.5 Tensidien toiminta

Tensidien eli pinta-aktiivisten aineiden tehtävänä vesipohjaisissa, rasvaa poistavissa pesuaineissa on irrottaa rasva metallin pinnalta ja sitoa se pesuaineeseen niin, ettei se enää tartu uudelleen metallin pintaan. Tämän mahdollistavat tensidien sähköiset ominaisuudet. Tensidit ovat molekyylejä, jotka muodostuvat hydrofiilisestä (vesihakuinen, rasvaa hylkivä) ja hydrofobisesta (rasvahakuinen, vettä hylkivä) päästä. Tensidin hydrofobisen pään tarttuessa metallin pinnalla rasvaan se irrottaa rasvan pesuaineen sekaan. Tärkeimmät tensidien rakenneosat-aineryhmät hydrofobisessa osassa ovat tyydyttyt ja tyydyttymättömät hiilivedyt sekä sykliset hiilivedyt; yksi- ja moniarvoiset alkoholit sekä rasva-amiinit. Hydrofiilisen osan rakenneosat-aineryhmät ovat karboksylaattit, sulfaatit, sulfonaatit, fosforihappestereit sekä etyleenioksidi. Lisäksi mm. karbonihappestereitä ja sulfonamideita käytetään hydrofiilisen ja hydrofobisen osan yhteen kiinnittymiseen. /10/ Metallin pinnasta irronneet, rasvaa sisältävät tensidit muodostavat keskenään vedessä misellejä, jolloin tensidien hydrofobiset päät kiinnittyvät toisiinsa. Miselleissä hydrofiiliset päät ovat veteen päin eli misellin keskustasta poispäin, jolloin rasva ei pääse uudelleen tarttumaan metallin pintaan. Tensidejä käytetään pesuaineissa rasvanpoistotehostimina./4/



Kuva 2. Tensidien toiminta /4/



Kuva 3. Tensidit muodostavat misellin. /4/

## 2.4 Esikäsittelykemikaalien koostumus

Esikäsittelyaineiden sisältämiä vaikuttavia aineita on lukematon määrä, ja suurin osa esikäsittelyaineista sisältää useampaa, kuin yhtä vaikuttavaa ainetta. Lisäksi vaikuttavan aineen tarkkaa määrää ei useinkaan ole ilmoitettu, vaan arvo on viitteellinen.

## 2.5 Alkaliset rasvanpoistoaineet

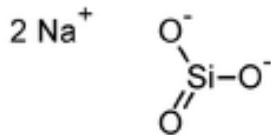
Seuraavaksi on esitelty alkalisten rasvanpoistoaineiden sisältämiä vaikuttavia aineita ja sitä, miten ne vaikuttavat pesuliuoksessa kappaleen puhdistumiseen. Alkalinen pesuliuos vaatii yleensä lämmityksen halutun pesutuloksen aikaansaamiseksi. Lämpötila riippuu puhdistettavan kappaleen rasvaisuudesta sekä puhdistusaineesta./4/

### Natriumhydroksidi (NaOH)

Natriumhydroksidi on emäksinen aine, joka säätelee pesuliuoksen pH:ta. Natriumhydroksidi on voimakkaasti ihoa syövyttävää ja silmiä vaurioittavaa sekä voi lisäksi syövyttää joitakin metalleja./7/

### Natriummetasilikaatti ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ )

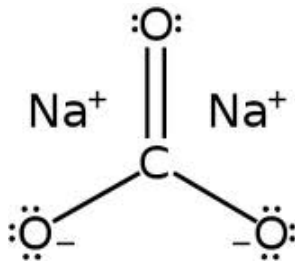
Natriummetasilikaatti on emäksinen, vesiliukoinen piihapon suola, joka säätelee pesuliuoksen pH:ta. Emäksisyytensä ansiosta se liuottaa öljyjä, pehmentää vettä sekä toimii korroosiota estävänä liuottimena./7/



Kuva 5 Natriummetasilikaatin rakennekaava

### Natriumkarbonaatti ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )

Natriumkarbonaatti eli sooda on emäksinen aine, joka nostaa pesuliuoksen pH:ta siten, että tensidien toiminta tehostuu. Lisäksi se hajottaa kappaleen pinnalla olevaa likaa hienojakoisemmaksi sekä jossain määrin sitoo veteen liuenneita rautasuoloja. /7/



Kuva 6 Natriumkarbonaatin rakennekaava

### Anioniset tensidit

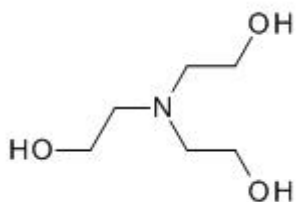
Anioniset tensidit alentavat veden pintajännitystä ja irrottavat likaa kappaleen pinnalta. Yleisimmin anionisista tensideistä käytetään karboksylaatteja, sulfaatteja ja sulfonaatteja. Ne poistavat hyvin hiukkaslikaa ja useimmat niistä vaahdoavat runsaasti, minkä vuoksi pesuliuokseen on lisättävä vaahdonestoainetta./9; 10/

## Ionittomat tensidit

Ionittomat tensidit vaikuttavat alentamalla veden pintajännitystä ja irrottamalla likaa. Useimmat niistä sietävät veden kovuutta paremmin, emulgoivat rasvaa tehokkaammin ja vaahtoavat vähemmän, siksi niitä suositetaan pesuaineissa jotka käyvät konemenetelmiin. Näitä käytetään toiseksi eniten anionisten jälkeen. /9; 10/

### Trietanoliamiini ( $C_6H_{15}NO_3$ )

Alkanolamiineihin kuuluva trietanoliamiini on orgaaninen emäs, jossa amiiniryhmään on sitoutunut kolme alkoholiryhmää. Trietanoliamiini on pintaaktiivinen aine, joka suojaa metallipintoja hapen ja kosteuden aiheuttamalta korroosiolta. /7/



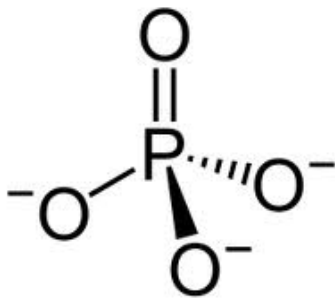
Kuva 7 Trietanoliamiinin rakennekaava



### Fosfaatit ( $\text{PO}_4^{3-}$ )

Fosfaatti on negatiivinen ioni eli anioni, jossa fosfori esiintyy viidenarvoisena. Fosfaateiksi sanotaan myös fosforihapon suoloja, joissa fosfaatti-ioni on anionina. Fosfaatit sitovat eli kompleksoivat metalli-ioneja. Kompleksilla tarkoitetaan keskusatomia, jonka ympärille on sitoutunut usein heikoilla kemiallisilla sidoksilla ligandeja, ts. molekyyleja tai ioneja. Ligandit luovuttavat elektroneja, yleensä elektroniparin keskusatomille.

Fosfaatit pehmentävät vettä sitoessaan magnesium- ja kalsiumioneja. Ne myös irrottavat likaa ja pitävät irronneen lian pesuliuksessa niin, ettei se pääse uudelleen sitoutumaan kappaleen pintaan. Lisäksi fosfaatit helpottavat veden pintajännityksen alentamiseen käytettyjen tensidien huuhtoutumista./7; 10/



Kuva 8 Fosfaatti-ioni

### Vaahdonestoaine

Vaahdonestoaine estää vaahdon muodostumista pesuliuoksessa. Vaahdonestoaine voi koostua esim. polysiloksaaniemulsiosta, ionittomista tensideistä sekä kompleksointiaineista. /11/

### Kaliumhydroksidi (KOH)

Kaliumhydroksidin vesiliuos on vahva emäs, koska liuetessaan veteen suola hajoaa kalium ja hydroksidi-ioneiksi.  $\text{OH}^-$  aiheuttaa emäksisyyden liuokseen. Kaliumhydroksidin vaikutus pesuliuoksessa on natriumhydroksidin tapaan pH:n säätely./7/

### Kaliumkarbonaatti ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ )

Kaliumkarbonaatti on emäksinen aine, joka toimii pesuliuoksessa natriumkarbonaatin tapaan nostamalla liuoksen pH:ta./7/

## 2.6 Kemialliset esikäsittelymenetelmät

Metallien kemiallisia esikäsittelymenetelmiä ovat kastomenetelmä, ruiskutusmenetelmä sekä rauta- ja sinkkifosfatoi. Kaikissa edellä mainituissa menetelmissä teräskappaleen kylpy suoritetaan altaassa. Menetelmä valitaan sen mukaan, millainen lopputulos halutaan saavuttaa ja millaisiin käyttöolosuhteisiin valmistettava kappale on suunniteltu./4/

### 2.6.1 Kastomenetelmä

Menetelmän etuina ovat alhaiset investointi- ja huoltokustannukset sekä pieni tilantarve. Myös suurien kappaleiden käsittely on mahdollista, mikäli esikäsittelyaltaat ovat tarpeeksi suurikokoisia. Ruiskutusmenetelmään verrattuna lopputulos on heikompi, kapasiteetti vähäisempi ja kemikaalikustannukset korkeammat. /4/

### 2.6.2 Ruiskutusmenetelmä

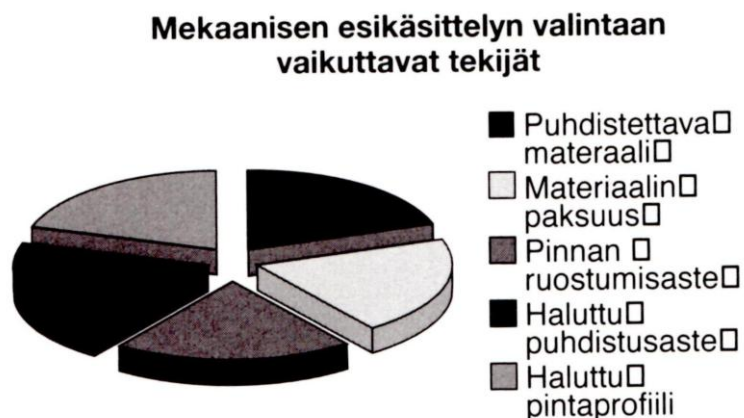
Kappaleiden päälle ruiskutetaan esikäsittelyainetta lukuisilla suuttimilla eri suunnilta kappaletta. Huuhtelu tehdään samalla periaatteella. Laitteet voivat olla jatkuvatoimisia, jaksoittain toimivia tai vaihepesukoneita. Ruiskutusmenetelmällä saavutetaan hyvä lopputulos ja suuri kapasiteetti. Kuitenkin menetelmän investointi- ja huoltokustannukset ovat korkeat. Lisäksi laitteisto vie paljon tilaa. /4/

### 2.6.3 Rautafosfointi

Rautafosfatoinnin tarkoituksena on muodostaa teräskappaleen pintaan ohut, korroosiota hidastava ja maalin tartuntaa parantava rautafosfaattikerros. Menetelmää käytetään lähinnä sisätiloihin tulevien kappaleiden käsittelynä, sillä sen korroosionestokyky on rajallinen eikä näin ollen sovellu ulkokäyttöön tuleville kappaleille. Rautafosfointi sisältää rasvaa poistavia tensidejä, jolloin yksi käsittelyvaihe yleensä riittää. Lisäksi rautafosfatoinnin jälkeisellä passivoinnilla voidaan entisestään parantaa korroosionkestävyyttä, minkä vuoksi menetelmä onkin pitkälti korvannut erilaiset teräksen pesut ennen maalausta.

/4/

## 2.7 Mekaaniset esikäsittelymenetelmät



Kuva 4 Mekaanisen esikäsittelyn valintaan vaikuttavat tekijät /4/

### 2.7.1 Ruostumattoman teräksen suihkupuhdistus

Ruostumattoman teräksen suihkupuhdistukseen voidaan käyttää lasikuulia, luonnonhiekkaa, alumiinioksidia tai ruostumatonta teräsraetta. Teräs- tai valurautarakeiden käyttöä sen sijaan ei suositella, sillä niistä jää teräskappaleen pinnalle rautaa, joka ruostuu ja siten vaurioittaa kappaleen pintakerrosta. Puhdistettavan materiaalin paksuus vaikuttaa oleellisesti mekaanisen puhdistusmenetelmän käyttöön. Alle 2 millimetrin paksuisen teräslevyn suihkupuhdistaminen ei yleensä ole mahdollista, sillä levypinnat vääntyvät helposti. Myös suurikokoiset suihkupuhdistusrakeet saavat aikaan pinnanmuutoksia. Lisäksi suihkupuhdistusetäisyyden tulee olla riittävä ja puhalluspaineen tarpeeksi alhainen, jotta teräskappaleen pinnanmuutoksia ei pääse syntymään. Mikäli suihkupuhdistuksen käyttö ei ole mahdollista, voidaan tilalla käyttää ruosteenpoistomenetelmistä koneellista teräsharjausta tai koneellista hiontaa hiontalaikalla, hiomapaperilla tai muovilaikoilla.

Oleellista on myös suunnitella tarvittava puhdistusaste kappaleelle. Maalattava pinta voidaan käytännössä puhdistaa epäpuhtauksista täysin puhtaaksi, mutta kustannussyistä tätä vaihetta ei aina suoriteta täydellisesti. Yleensä

pintamaalit vaativat toimiakseen hyvin puhdistetun alustan, jolloin alustalle suoritettava puhdistusaste voi vaikuttaa maalivalintaan tai päinvastoin. Teräskappaleen pintaprofiililla on myös merkitystä pintakäsittelyn onnistumiseen. Teräspintaa yleensä karhennetaan, jotta maalille olisi enemmän tartuntapinta-alaa. Karheaan pintaan on kuitenkin levitettävä maalia enemmän tasan ja tarpeeksi paksun lopputuloksen saavuttamiseksi. Esikäsittely ja maalaus muodostavat yhden kokonaisuuden, jossa esikäsittelyn on oltava sopiva tulevan maalikäsittelyn kanssa. Maalilaatu on valittava sen mukaan, onko maalattava pinta sileä vai karhea.

### 2.7.2 Suihkupuhdistus yleisesti

Suihkupuhdistuksessa suihkutetaan puhdistusraetta puhdistettavan kappaleen pintaan paineilmaa hyväksi käyttäen. Puhdistusrakeen osuessa kovalla paineella kappaleen pintaan se irrottaa pinnalla olevia epäpuhtauksia. Suihkupuhdistus on mekaanisista ruosteenpoistomenetelmistä tehokkain ja sen avulla voidaan poistaa myös valssihilsettä. Suihkupuhdistuksen hyviä puolia ovat tehokkuus, sekä kappaleen pinnan saattaminen karheaksi, jolloin maali tarttuu paremmin kappaleen pintaan. Suihkupuhdistuksen huonoja puolia ovat laitteiden suuri koko, suuri paineilman tarve, ympäristöön leviävä pöly sekä työturvallisuusriskit. Lisäksi ohutta materiaalia ei voida puhdistaa vääntymisvaaran vuoksi.

### 2.7.3 Suihkupuhdistusmateriaalit

Suihkupuhdistusmateriaalin valinnalla voidaan vaikuttaa mm. puhdistustulokseen, puhdistusprofiiliin sekä materiaalin muokkautumiseen. Suihkupuhdistusmateriaalit voidaan jakaa kierrätettäviin ja kertakäyttöisiin puhdistusmateriaaleihin. Kierrätettäviä materiaaleja käytettäessä tarvitaan suihkupuhdistuslaitteiden ja paineilman lisäksi rakeiden talteenotto- ja puhdistusjärjestelmä. Kierrätettäviä suihkupuhdistusmateriaaleja käytetään erillisissä suihkupuhdistuslaitoksissa. Kertakäyttöisten suihkupuhdistusmateriaalien käyttö ei vaadi muuta kuin puhdistuslaitteiston sekä paineilman. Yleisimpiä suihkupuhdistusmateriaaleja ovat luonnonhiekkä, teräslankakatko, vesi sekä muut raemateriaalit. /4/

Taulukko 1 Suihkupuhdistusmateriaalit ja niiden käyttö /4/

Suihku- puhdistus- materiaali	Ominaista materiaalille	Sopivat suihku- puhdistusalustat
Luonnonhiekkä	Kertakäyttöinen, työturvallisuusriski hienon pölyn vuoksi	Sopii yleisimmille alustoille
Kuona	Kertakäyttöinen, työturvallisuusriski hienon pölyn vuoksi	Sopii yleisimmille alustoille
Teräsrae, pyöreä	Karkeahko, mutta hienompi profiili, kuin särmikkäällä teräsrakeella	Teräs. Ei sovellu ruostumattomalle teräkselle, sinki- tylle teräkselle eikä alumiinille
Teräsrae, särmikäs	Karkea profiili	Teräs. Ei sovellu ruostumattomalle teräkselle, sinki- tylle teräkselle eikä alumiinille
Teräsrae, adusoitu	Pehmeämpää kuin tavallinen teräsrae. Kestoikä pidempi kuin ta- vallisella teräs- rakeella	Teräs. Ei sovellu ruostumattomalle teräkselle, sinki- tylle teräkselle eikä alumiinille
Lankakatko	Pitkäikäinen, kar- kea profiili	Teräs. Ei sovellu ruostumattomalle teräkselle, sinki- tylle teräkselle eikä alumiinille.
Alumiinioksidi	Kevyt, ei muokkaa juurikaan alustaa	Teräs ja alumiini
Lasikuula	Ei juurikaan tee profiilia pintaan	Kaikki



#### 2.7.4 Suihkupuhdistuksessa syntyvät pölyt

Suihkupuhdistusta käytettäessä syntyy terveydelle vaarallista pölyä, joista haitallisinta on kvartsipöly. Kvartsipölyä syntyy, kun puhdistuksessa käytetään luonnonhiekkaa puhdistusrakeena. Myös teräsrakenteen ja ruosteen pölyt ovat haitallisia. Puhdistustyötä tekevän on työn aikana käytettävä raitisilmahuppua. Puhdistuksen jälkeen pölyt on imuroitava kappaleen pinnalta. Toinen vaihtoehto kappaleen pinnan puhdistamiselle on paineilma, jolloin pölyt irtoavat kappaleen pinnasta ilmaan. Tämä menetelmä on siis melko tehoton, sillä pinnalta irrotettu pöly ei häviä kokonaan, vaan siirtyy paikasta toiseen. /4/

Suihkupuhdistusasteet standardin SFS-ISO 8501-1 mukaan

Teräspintojen käsittely ennen pinnoitusta maalilla ja vastavilla tuotteilla. Pinnan puhtauden visuaalinen tarkastelu. Osa 1: Teräspintojen ruostumisasteet ja esikäsitteilyasteet. Maalaamattomat teräspinnat ja aiemmista maaleista kauttaaltaan puhdistetut teräspinnat. 1990. /4/

### 2.8 Esikäsitteilymenetelmien analyysit

#### 2.8.1 Alkaliset ja happamat pesuaineet

Alkalisten ja happamien pesuaineiden analyysijä voidaan suorittaa titraamalla, jolloin saadaan selville väkevien kylpyjen happo- ja emäspitoisuudet. Titrauksessa happo tai emäs neutraloidaan, jolloin neutraloivan aineen kulutuksen perusteella voidaan laskea halutun aineen pitoisuus. Myös rasvan määrä voidaan haluttaessa selvittää laboratoriossa.

### 2.8.2 Rautafosfatointi

Rautafosfatoinnin kokonaishappo voidaan selvittää titraamalla. Lisäksi pH voidaan mitata pH- mittarilla.

### 2.8.3 Sinkkifosfatointi

Sinkkifosfatoinnin kokonais- ja vapaahappo voidaan määrittää titraamalla. Kiihdyttimen määrä saadaan sakkarometrillä. Lisäksi voidaan määrittää sinkkipitoisuus.

### 2.8.4 Huuhteluvedet

Huuhteluvesistä voidaan tehdä useita eri määryksiä. Huuhteluveden pH voidaan mitata pH-mittarilla. Johtokyky mittauksella saadaan selville veden likaisuus. Mitä korkeampi johtokyky on, sitä likaisempaa vesi on. Lisäksi voidaan määrittää veden metallipitoisuudet, mikäli huuhteluveden tiedetään sisältävän ympäristölle haitallisia aineita, kuten kromia, nikkeliä ja sinkkiä. Metallipitoisuuksien analysoinnilla kyetään selvittämään, onko huuhteluvesi jätevesikelpoista.

### 2.8.5 Kylpyjen neutralointi

Loppuun käytetyt alkaliset kylvyt tulee neutraloida happamilla neutralointiaineilla ja päinvastoin. Neutralointi jaetaan kahteen eri osaan: sekoitusvaiheeseen ja laskeutusvaiheeseen. Sekoitusvaiheessa neutraloitava aine reagoi neutraloivan aineen kanssa. Laskeutusvaiheessa muodostunut sakka laskeutuu neutralointisäiliön pohjalle, jolloin sakan päälle jäänyt puhdas vesi voidaan erottaa.

## 2.9 Pesujärjestelmät

### 2.9.1 Yleistä pesujärjestelmän valinnasta

Pesujärjestelmän valintaan vaikuttaa ensisijaisesti esikäsittävän kappaleen materiaali, muoto ja koko. Lisäksi on mietittävä, mitä kappaleelle tehdään seuraavissa työvaiheissa eli millainen puhtausaste kappaleen pitää saavuttaa. Pesujärjestelmässä käytettävä pesuaine tulee valita lian ja pestävien kappaleiden materiaalin mukaan.

### 2.9.2 Yksivaiheiset pesujärjestelmät

Yksivaiheiset pesujärjestelmät sisältävät nimensä mukaisesti vain yhden pesuvaiheen. Menetelmä on hyvin yleisesti käytetty pesumenetelmä eri teollisuuden aloilla. Yksivaiheinen kammiopesujärjestelmä soveltuu parhaiten suurille ja painaville kappaleille, joiden esikäsittelyyn riittää yksi pesu. /6/

### 2.9.3 Monivaiheiset pesujärjestelmät

Monivaiheiset kammiopesujärjestelmät sisältävät vähintään kaksi pesuvaihetta. Menetelmä soveltuu erityisesti kappaleille, joiden esikäsittely vaatii useamman kylvyn. Yleensä ensimmäisessä vaiheessa tapahtuu kappaleen varsinainen pesu ja jälkimmäisissä vaiheissa suoritetaan kappaleen huuhtelu vedellä tai tarvittaessa ruosteenestoaineella. Lisäksi monivaiheisissa pesujärjestelmissä on mahdollista suorittaa ensimmäisen pesuvaiheen jälkeen esim. fosfatoiointi. Monivaiheisia pesujärjestelmiä käytetään yleisesti teollisuudessa mm. ennen kokoonpanoa tai maalausta./6/

### 3 TESTAUS JA LAADUNVALVONTA

#### 3.1 Esikäsittelyn testaus ja laadunvalvonta

##### 3.1.1 Kastokoe

Esikäsittelyn testauksen ja laadunvalvonnan tarkoituksena on varmistaa halutun esikäsittelyn onnistuminen. Rasvanpoiston tehokkuutta voidaan testata yksinkertaisesti kastokokeella, jossa testikappale upotetaan veteen. Kappaleen pintaa tarkastelemalla voidaan havaita rasvajäämiä, mikäli vesi jää pisaroina kappaleen pintaan. Mikäli kappaleen pinta on puhdas, vesi muodostaa pintaan yhtenäisen kalvon.

#### 3.2 Korroosionkestävyystestit

Korroosiokokeita voidaan suorittaa kosteus- tai suolasumukaapissa. Muita menetelmiä ovat rikkidioksiditesti, huokoisuustestit sekä säänkestävyystestit.

##### 3.2.1 Kosteuskaappi

Kosteustestin avulla voidaan selvittää maalatun pinnan kestävyyttä kosteissa olosuhteissa. Testaukset suoritetaan yleensä korotetussa lämpötilassa (35-40 °C:ssa) joko jatkuvassa vesisumussa tai korkeassa suhteellisessa kosteudessa. Vaihtoehtoisesti voidaan kappaleelle suorittaa upotustesti, jossa kappale upotetaan  $\frac{3}{4}$  pituudestaan veteen ja tutkitaan levyjen pinnoitteiden kestävyyttä. Levyjen upotus kokonaisuudessaan koeliuokseen voidaan suorittaa jaksottaisesti. /1/

### 3.2.2 Suolasumutesti

Suolasumutesti on hyvin yleisesti käytetty menetelmä tutkittaessa kappaleen korroosionkestävyyttä. Tutkittavat kappaleet altistetaan jatkuvalla suolasumulle. Neutraalia suolasumutestiä voidaan vauhdittaa laskemalla koeliuoksen pH:ta etikkahapolla (ACSS-koe). Tätä menetelmää voidaan käyttää tutkittaessa maalipinnoitteita. Suolasumutestaukset vaativat erikoislaitteet, minkä vuoksi testauksia voidaan suorittaa vain laboratorio-olosuhteissa. /3/

#### 3.2.2.1 Yleistä

Yleensä tarkastetaan maalauksen esikäsittely, esim. hiekkapuhallusaste. Puhtaudentarkastuksen tulee osoittaa, ettei kappaleen pinnalla ole pinnoituksen onnistumista haittaavia aineita, esim. hiekkaa, öljyä tai muuta likaa. Pinnoitusta ei voida suorittaa ennen kuin haluttu esikäsittelyaste on saavutettu eli kappaleen pinnan on oltava täysin kunnossa. /3/

#### 3.2.2.2 Neutraali suolasumutesti

Neutraali suolasumukoe suoritetaan käyttäen 5 % natriumkloridiliuosta jatkuvana sumutuksena suolasumukaappiin 35°C:n lämpötilassa. Suolasumutesti on ns. kiihdytetty korroosiokoe, jonka kiihdyttäjänä toimii sekä korotettu lämpötila ja kosteus sekä kloridi-ionit. /3/

#### 3.2.2.3 Rikkidioksiditesti

Rikkidioksiditesti on myös kiihdytetty korroosiokoe, jossa kiihdyttäjänä toimii lämpötila ja kosteus sekä rikkidioksidikaasu. Testausmenetelmän tarkoituksena on antaa kuvaa siitä, millä tavoin kappaleet kestävät teollisuusilmastossa. Rikkidioksiditesti suoritetaan koekammiossa, jossa on rikkidioksidipitoista, kosteaa ilmaa 40 °C lämpötilassa. Testausaika on kahdeksan tuntia, minkä

jälkeen kammio avataan ja 16 tunnin kuluttua suoritetaan testikappaleiden tarkastus. Koejaksojen (8 + 16 tuntia) lukumäärä sovitaan erikseen tilanteesta ja testikappaleista riippuen. /3/

#### 3.2.2.4 Säänkestävyystesti

Säänkestävyystestin avulla voidaan selvittää, kuinka hyvin maalikalvo kestää ulkoisten olosuhteiden rasitusta. Maalikalvon vaurioitumiseen ulko-olosuhteissa vaikuttavat mm. auringonvalo (UV-säteily), kosteus (sade, kaste, lumi jne.), lämpötilanvaihtelut sekä happi, otsoni ja happamat kaasut, kuten rikkidioksidi. SFS 3645 käsittää säänkestävyyden testaamisen ulkokenttäkokeella, jossa testin tulokseen vaikuttavat testiympäristö (teollisuus, meri, maaseutu jne.), ilman epäpuhtaudet sekä testiaika. /3/

#### 3.2.2.5 Testitulosten tulkinta

Korroosionkestävyys arvostellaan testikappaleissa mahdollisesti esiintyvien vaurioiden perusteella. Vaurioita verrataan visuaalisesti standardinmukaisiin kuviin eriasteisista vaurioista. Testikappaleelle annetaan ruostumisarvo asteikolla 0-5, jossa Ri 0 tarkoittaa täysin virheetöntä pintaa ja Ri 5 puolestaan 50 % tuhoutunutta pintaa. Vertailutesteissä eri vaihtoehtoiset suojausratkaisut asetetaan paremmuusjärjestykseen. /3/

### 3.3 Tartuntatestit

#### 3.3.1 Pinnoitteen kiinnipysyvyys

“Pinnoitteen tarttuvuudella tarkoitetaan kalvon kiinnipysyvyyttä metallialustassa vetovoimien ansiosta pinnoite-metalli –rajapinnassa.”

Maalin kiinnipysyvyyteen vaikuttavat mm. seuraavat tekijät:

- metallipinnan laatu, puhtaus ja karheus
- tarttuvuus on suoraan verrannollinen esipuhdistukseen ja pinnan kemialliseen esikäsittelyyn
- maalin levitystapa ja kovettumisolosuhteet
- lämpötila; tarttuvuus heikkenee lämpötilan noustessa
- suhteellinen kosteus: nousu heikentää tarttuvuutta
- maalityyppi; tarttuvuus vaihtelee maalityypin mukaan

#### 3.3.2 Hilaristikkotesti ja X-viiltokoe

Kummatkin testit suoritetaan standardin SFS-EN ISO 16276-2 mukaan. Hilaristikkotesti soveltuu kappaleille, joiden maalikalvon paksuus on alle 250 µm. X-viiltotesti puolestaan tehdään kappaleille, joiden maalikalvon paksuus ylittää 250 µm. Hilaristikkotestissä viillot tehdään moniteräleikkurilla ja x-viiltotestissä puukolla. Kummassakin testissä viillon päälle painetaan teippi, joka vedetään irti. Viiltokohta harjataan pehmeällä harjalla, minkä jälkeen viiltojätki analysoidaan ja tulokset ilmoitetaan asteikolla 0-5, pienimmästä suurimpaan vaurioon. /2/

### 3.3.3 Vetonuppikoe

Vetokoe suoritetaan standardin ISO 4624 mukaan. Menetelmä soveltuu maalikalvolle, jonka paksuus on yli 250 µm. Vetonuppikokeessa testattavalle alueelle liimataan kolmesta viiteen vetonuppia, . Liiman annetaan kuivua vähintään 15 minuuttia, minkä jälkeen vetonupit vedetään irti. Tämän jälkeen maalipinnan vauriot analysoidaan. /2/



## 4 ESIKÄSITTELYT JA TESTAUS

Kokeelliseen osuuteen valitut kappaleet olivat ohuita peltilevyjä. Testi suoritettiin standardin mukaisesti ja testijärjestelyt pyrittiin tekemään niin, että ne ovat tarvittaessa toistettavissa.

Ennen testauksia varmistettiin, että testilevyt olivat yhtä likaisia keskenään. Tämä toteutettiin siten, että levyille suoritettiin lasikuulapuhallus, minkä jälkeen kappaleet kastettiin työstönesteisiin, joita tässä tapauksessa oli kahta erilaista. Osalle levyistä suoritettiin lasikuulapuhallus sekä asetonipuhdistus ennen maalausta, jolloin nämä levyt olivat ns. puhtaita levyjä.

Ennen maalausta levyille suoritettiin eri esikäsittelyjä erikseen valituissa paikoissa. Esikäsittelyjen jälkeen levyt kuljetettiin maalaamoon, jossa niille suoritettiin ruiskumaalaus. Poikkeuksena olivat levyt D, joille suoritettiin sekä esikäsittely että jauhemaalaus yhdessä ja samassa paikassa. Maalauksen jälkeen levyille tehtiin tartuntatestauksia, joiden tarkoituksena oli selvittää, onko eri esikäsittelymenetelmillä vaikutusta maalauksen onnistumiselle.

#### 4.1 Esikäsittelymenetelmät

Taulukko 2 Esikäsittelymenetelmät ja tunnistukset

<b>Esikäsittely</b>	<b>Paikan tunnistus</b>
Alkalipesu1	A1
Alkalipesu1 + Bonderite	A2
Sinkkifosfointi	B1
Rautafosfointi	B2
Alkalipesu2	C1
Alkalipesu2 + Bonderite	C2
Lasikuulapuhallus + asetonipuhdistus	F
Bonderite-cc 40 + oma maalaus	D

Taulukko 3 Levyjen tunnistukset

<b>Levyjen tunnistukset</b>		
<b>Lika 1 (L1)</b>	<b>Lika 2 (L2)</b>	<b>Puhdas (P)</b>
Houghton (työstöneste)	CNC-koneistus (työstöneste)	Lasikuulapuhallus +
		asetonipuhdistus
A1L1	A1L2	A1P
A2L1	A2L2	A2P
B1L1	B1L2	B1P
B2L1	B2L2	B2P
C1L1	C1L2	C1P
C2L1	C2L2	C2P
FL1	FL2	FP
DL1	DL2	DP

### Rautafosfatoinnin vaiheet

Testilevyjen rautapesu suoritettiin kaksivaiheisena pesuna seuraavasti:

1. vaihe: Duridine 7760
2. vaihe: Vesi

### Sinkkifosfatoinnin vaiheet

Testilevyjen sinkkifosfatointi suoritettiin seuraavasti:

1. Pesu 60 °C  
Ridoline 1580  
pH 11
2. Huuhtelu vedellä 20°C
3. Aktivointi 20°C  
Fixodine 950  
pH 8,5
4. Fosfatointi 50 °C  
Granodine 958 E2  
pH 3,2
5. Huuhtelu vedellä 20 °C
6. Passivointi 20°C  
Deoxylyte 80A  
pH 6
7. Kuivaus

## 4.2 Maalikalvon paksuuden määrittäminen

Ennen varsinaisia testauksia määritettiin maalikalvon paksuus kahdella eri menetelmällä: Fischer Deltascop M575 –mittalaitteella sekä Elcometer 121 –mittalaitteella.

### Fischer Deltascop M575

Maalatun levyn pinnalle asetettiin mittalaitteen anturi. Anturin välittämä signaali on verrannollinen maalikalvon paksuuteen. Menetelmä perustuu pyörrevirtaukseen.

### Elcometer 121 Paint Inspector Gauge

Mittalaitteen terällä tehtiin koko maalikalvon läpi ulottuva viilto, jota tarkasteltiin laitteessa olevan mikroskoopin ja valon avulla. Mitta-asteikolta luettiin viillon leveys. Teräksi valittiin terä 6, joka soveltuu 2 - 200  $\mu\text{m}$ :n paksuiselle maalikalvolle. Tämän perusteella laskettiin maalikalvon paksuus käyttämällä kerrointa 2 (terän ja maalikalvon paksuuden perusteella).



Kuva 9 Fischer Deltascop M575



Kuva 10 Elcometer 121

Kumpaakin menetelmää käyttämällä saatiin lähes samat tulokset (LIITE 1 ja 2). Maalikalvon paksuuden jäädessä alle 250 mikrometrin, suoritettiin testilevyille hilaristikkotesti.

### 4.3 Hilaristikkotesti



Kuva 11 Hilaristikkotestissä käytetty välineistö

Hilaristikkotesti suoritettiin standardin SFS-EN ISO 16276-2 mukaisesti. Menetelmää käyttämällä saatiin eroja eri esikäsittelymenetelmien soveltuvuudesta magneettikokoonpanojen maalaukselle.

Taulukko 4 Hilaristikkotestin tulosten tulkinta /1/

Aste	Selostus	Leikattu pinta
0	Leikkausurien reunat täysin tasaiset. Ristikkojen ruudut ehjät.	
1	Maalikalvo lohkeillut urien leikkauspisteissä. Lohkeillut alue selvästi enintään 5 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.	
2	Maalikalvo lohkeillut urien ja/tai leikkauspisteissä. Lohkeillut alue selvästi vähintään 5 % mutta enintään 15 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.	
3	Maalikalvo lohkeillut suurina palasina urien reunoista ja/tai ruuduista osittain tai kokonaan. Lohkeillut alue selvästi vähintään 15 % mutta enintään 35 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.	
4	Maalikalvo lohkeillut suurina palasina urien reunoista ja/tai joistakin ruuduista osittain tai kokonaan. Lohkeillut alue selvästi vähintään 35 % mutta enintään 65 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.	
5	Luokan 4 mukaista lohkeamista laajempi lohkeaminen.	

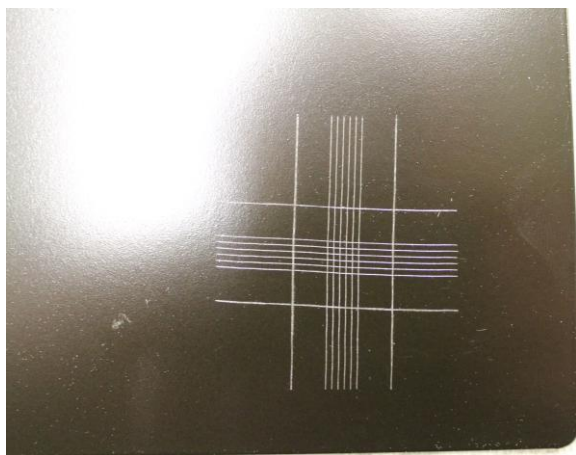
## 5 TULOKSET JA ARVIOINTI

Taulukko 5 Hilaristikkotestin tulosten tulkinta

Aste	Selostus
0	Leikkausurien reunat täysin tasaiset. Ristikkojen ruudut ehjät.
1	Maalikalvo lohkeillut urien leikkauspisteissä. Lohkeillut alue selvästi enintään 5 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.
2	Maalikalvo lohkeillut urien leikkauspisteissä. Lohkeillut alue selvästi vähintään 5 % mutta enintään 15 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.
3	Maalikalvo lohkeillut suurina palasina urien reunoista ja/tai ruuduista osittain tai kokonaan. Lohkeillut alue vähintään 15 % mutta enintään 35 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.
4	Maalikalvo lohkeillut suurina palasina urien reunoista ja/tai joistakin ruuduista osittain tai kokonaan. Lohkeillut alue selvästi vähintään 35% mutta enintään 65 % ruutujen yhteenlasketusta pinta-alasta.
5	Luokan 4 mukaista lohkeamista laajempi lohkeaminen.

Taulukko 6 Hilaristikkotestin tulokset

Suoritettu esikäsittely ja levyn likaisuusaste	Keskiarvo maalikalvon paksuudesta (µm)	Tulos
Alkalipesu1 (Lika1)	29,9	0
Alkalipesu1 (Lika2)	27,6	0
Alkalipesu1 (Puhdas)	31,9	0
Alkalipesu1+Bonderite (Lika1)	30,8	1
Alkalipesu1 +Bonderite (Lika2)	31,5	1
Alkalipesu1 +Bonderite (Puhdas)	30,9	0
Sinkkifosfointi (Lika1)	31,6	3
Sinkkifosfointi (Lika2)	30,9	3
Sinkkifosfointi (Puhdas)	30,3	1
Rautafosfointi (Lika1)	26,6	0
Rautafosfointi (Lika2)	34,3	1
Rautafosfointi (Puhdas)	31,6	0
Alkalipesu2 (Lika1)	31,3	0
Alkalipesu2 (Lika2)	30,8	0
Alkalipesu2 (Puhdas)	27,6	1
Alkalipesu2 +Bonderite (Lika1)	27,6	1
Alkalipesu2 +Bonderite (Lika2)	28,2	0
Alkalipesu2 +Bonderite (Puhdas)	28,8	0
Lasikuulap.+ Asetoni (Lika1)	30,3	0
Lasikuulap.+ Asetoni (Lika2)	28,9	0
Lasikuulap. +Asetoni (Puhdas)	23,2	0
Bonderite-cc 40 (Lika1)	73,4	2
Bonderite-cc 40 (Lika2)	76,2	1
Bonderite-cc 40 (Puhdas)	67,0	1



Kuva 12 Levy FL1; tulos 0



Kuva 13 Levy A1L1; tulos 1



Kuva 14 Levy DL1; tulos 2



Kuva 15 Levy B1L2; tulos 3

Hilaristikkotestin tuloksista voitiin havaita sinkkifosfatoinnin soveltuvan tässä tapauksessa heikoimmin esikäsittelymenetelmäksi. Sinkkifosfatoinnin osalta paras tulos saatiin ns. puhtaalla levyllä eli lasikuulapuhalluksen ja asetonipuhdistuksen jälkeen. ”Hyvän tuloksen saamiseksi on tärkeätä, että pinta on hyvin puhdistettu ennen fosfointia.” /10/ Osaltaan heikkoon lopputulokseen saattoi vaikuttaa levyjen poistaminen kuivauksesta ennen varsinaisen kuivausajan päättymistä, joten levyihin saattoi jäädä kosteutta. Tästä johtuen osassa sinkkifosfatoiduista levyistä oli havaittavissa jonkin verran ruostetta ennen maalaukseen lähettämistä.

Bonderite- cc 40 –käsittely yhdessä epoksi-jauhemaalauksen kanssa ei myöskään soveltunut erinomaisen hyvin tähän tarkoitukseen (levy DL1). Käsiteltyjen levyjen maalikalvo oli tässä tapauksessa huomattavasti paksumpi kuin märkämaalattujen levyjen. Vaikka hilaristikkotesti maalikalvon paksuuden perusteella soveltuikin näiden levyjen tartuntatestaukseen, olisi muilla testausmenetelmillä voitu saada toisenlainen tulos, esim. vetonuppikokeella. Tulos ei kuitenkaan kokonaisuudessaan poikennut muiden esikäsittelymenetelmien tuloksista, joten lisätestaukset saattaisivat olla tarpeen, mikäli Neorem Magnets Oy harkitsisi tämän esikäsittelymenetelmän käyttöä yhdessä jauhemaalauksen kanssa.



Muissa esikäsitelymenetelmissä ei ollut havaittavissa merkittäviä eroja (tulokset 0 ja 1 asteikolla 0-5) hilaristikkotestin perusteella. Tulosten perusteella parhaat vaihtoehdot esikäsitelylle olivat alkalipesu tai alkalipesu ja Bonderite yhdessä sekä Neorem Magnets Oy:llä suoritettu lasikuulapuhdistus ja asetonipuhdistus.

Koska tulosten perusteella Neorem Magnets Oy:n tällä hetkellä käyttämä esikäsitely (alkalipesu + Bonderite) ennen maalausta tuotti hyvän lopputuloksen magneettikokoonpanoille, ei tämän perusteella olisi tarvetta vaihtaa esikäsitelymenetelmää toiseen. Kuitenkin tulosten perusteella myös Neorem Magnets Oy:n oma menetelmä (lasikuulapuhallus + asetonipuhdistus) antoi halutun lopputuloksen, minkä vuoksi jatkossa voitaisiin mahdollisesti käyttää kyseistä menetelmää ainoana esikäsitelymenetelmänä ennen magneettikokoonpanojen maalausta.

Parhaan mahdollisen lopputuloksen aikaansaamiseksi esikäsitelyt olisi hyvä ajoittaa juuri ennen maalausta. Tässä tapauksessa esikäsitelyjä suoritettiin kuitenkin useassa eri paikassa, minkä vuoksi levyjen maalausta ei päästy suorittamaan heti esikäsitelyjen jälkeen. Tästä johtuen lopputulokset eivät välttämättä kaikilta osin vastaa normaalia esikäsitely- ja maalausprosessin tuottamaa tulosta. Lisäksi useampaa eri testausmenetelmää käyttämällä olisi saatu kattavampi kuva eri esikäsitelymenetelmien soveltuvuudesta magneettikokoonpanojen maalaukselle.

## LÄHTEET

1. Alén Holger: Maalit ja niiden käyttö. Helsinki. Hakapaino Oy 1999.
2. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry: SFS-käsikirja 68-3. Metallien korroosionestomaalaus. Helsinki 2008
3. Kunnossapitoyhdistys ry: Korroosiokäsikirja. Hamina. Oy Kotkan Kirjapaino AB 2004
4. Jokinen, Kuusela, Nikkari: Metallituotteiden maalaus. Jyväskylä. Gummerus Kirjapaino Oy 2001
5. <http://www.sampo-rosenlew.fi/fi/tuotteet/pesukoneet/monivaihepesukoneet.html> (4.7.2011)
6. <http://www.kiiltoclean.fi/> (22.1.2012)
7. [http://www.teknokem.fi/pesuaktiiviset\\_aineet](http://www.teknokem.fi/pesuaktiiviset_aineet) (24.1.2012)
8. [www.teknokem.fi/files/teknokemia/kuvitus/kalvot\\_chemistry.ppt](http://www.teknokem.fi/files/teknokemia/kuvitus/kalvot_chemistry.ppt) (24.1.2012)
9. <http://www.normax.net/html/teollisuuspesuaineet.html> (24.1.2012)
10. Suomen Galvanotekninen yhdistys ry: Kemiallinen ja sähkökemiallinen pintakäsittely, osa 1. Vantaa. Tummavuoren Kirjapaino Oy 1996

**Maalikalvon paksuus (µm)**  
**Deltascope M575**

Levyn tunniste	A1L1	A1L2	A1P	A2L1	A2L2	A2P
	27,6	32,0	31,9	29,8	33,7	30,9
	29,9	27,6	32,7	27,9	34,2	32,8
	29,8	28,9	31,5	29,5	34,1	35,3
	28,4	27,6	31,5	31,8	30,4	30,0
	28,2	25,7	31,0	32,0	30,6	33,3
	26,7	27,7	31,0	32,2	31,4	29,2
	34,4	27,1	32,7	31,5	28,5	28,8
	30,3	25,4	33,3	31,9	31,5	29,2
	33,8	26,6	31,1	30,7	28,8	28,3
<b>Keskiarvo</b>	<b>29,9</b>	<b>27,6</b>	<b>31,9</b>	<b>30,8</b>	<b>31,5</b>	<b>30,9</b>

Levyn tunniste	B1L1	B1L2	B1P	B2L1	B2L2	B2P
	27,3	27,2	28,2	25,9	33,3	29,8
	30,2	28,8	28,1	24,3	31,2	30,3
	29,3	30,1	29,0	26,6	33,3	28,8
	32,0	33,1	32,6	27,2	34,3	31,8
	31,7	31,4	30,4	26,7	34,3	31,3
	32,0	32,4	29,5	25,6	34,0	32,0
	33,6	32,1	30,9	27,5	36,1	35,6
	33,2	32,0	30,4	27,0	36,1	33,6
	35,3	30,9	33,3	28,3	36,2	31,4
<b>Keskiarvo</b>	<b>31,6</b>	<b>30,9</b>	<b>30,3</b>	<b>26,6</b>	<b>34,3</b>	<b>31,6</b>

LIITE 1  
(2/2)

Levyn tunniste	C1L1	C1L2	C1P	C2L1	C2L2	C2P
	29,8	26,7	27,2	27,2	30,0	28,6
	31,2	29,4	28,2	27,3	30,5	30,4
	30,6	29,9	25,9	27,7	29,7	30,6
	31,5	33,3	27,2	27,7	27,5	27,0
	29,3	32,5	25,7	25,3	27,9	27,0
	30,9	32,4	27,4	26,6	26,8	27,6
	31,0	30,8	29,7	28,2	26,3	29,9
	33,3	31,5	28,3	30,1	29,0	29,6
	34,3	30,9	28,9	28,2	26,0	28,7
<b>Keskiarvo</b>	<b>31,3</b>	<b>30,8</b>	<b>27,6</b>	<b>27,6</b>	<b>28,2</b>	<b>28,8</b>

Levyn tunniste	FL1	FL2	FP
	31,4	26,4	22,7
	30,5	27,6	25,7
	31,2	26,8	25,3
	29,9	28,1	24,5
	31,4	28,5	23,7
	30,8	28,2	23,9
	28,0	31,5	20,4
	30,4	32,3	21,5
	29,5	31,1	21,3
<b>Keskiarvo</b>	<b>30,3</b>	<b>28,9</b>	<b>23,2</b>

Levyn tunniste	DL1	DL2	DP
	103,0	103,0	70,7
	74,4	69,5	65,9
	81,9	66,0	58,4
	61,8	74,3	60,7
	60,5	64,8	55,5
	56,2	70,1	59,3
	86,4	93,8	80,7
	71,2	73,8	73,9
	65,1	70,9	78,3
<b>Keskiarvo</b>	<b>73,4</b>	<b>76,2</b>	<b>67,0</b>

## LIITE 2

### Maalikalvon paksuus (µm)

Elcometer 121

Paint Inspector Gauge

Terä 6

Levyn tunniste	Mitattu paksuus (µm)	Kerroin	Laskettu paksuus (µm)
A1L1	16	2	32
A1L2	15	2	30
A1P	15	2	30
A2L1	15	2	30
A2L2	16	2	32
A2P	16	2	32
B1L1	15	2	30
B1L2	16	2	32
B1P	15	2	30
B2L1	14	2	28
B2L2	16	2	32
B2P	15	2	30
C1L1	15	2	30
C1L2	15	2	30
C1P	16	2	32
C2L1	14	2	28
C2L2	15	2	30
C2P	15	2	30
FL1	16	2	32
FL2	16	2	32
FP	16	2	32
			0
DL1	36	2	72
DL2	34	2	68
DP	36	2	72